

Макромикроскопическое исследование топографической анатомии стекловидного тела

Н.М. Кислицына¹А.В. Шацких¹С.М. Дибирова¹, Д.М. Султанова¹, М.П. Веселкова¹, С.В. Новиков²¹ ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация² ООО «Научно-экспериментальное производство «Микрохирургия глаза»»
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2022;19(1):123–132

Стекловидное тело (СТ) ввиду сложности своего строения до сегодняшних дней остается одной из наименее изученных анатомических структур. В литературе встречаются попытки описания анатомии стекловидного тела начиная со II века. Наиболее актуальными работами являются исследования J. Worst и соавт. 1973 года, в которых авторы предложили новые методы препарирования СТ с введением красителей. Несмотря на многолетние исследования строения и функций стекловидного тела и наличие большого количества работ, отсутствуют методика и протоколы макромикроскопического исследования стекловидного тела. **Цель:** разработать метод и предложить алгоритм макромикроскопического исследования стекловидного тела для оценки его топографии. **Материал и методы.** В ходе макромикроскопического исследования «Шаг за шагом» (“Step by step”) была изучена топографическая анатомия стекловидного тела 38 трупных глазных яблок. С целью контрастирования структур стекловидного тела применяли малорастворимые соли металлов (сульфат бария, ацетат меди). Макроскопическое исследование выполняли с использованием операционного микроскопа Topcon OMS-800 с индигацией от $\times 8$ до $\times 21$ -кратного увеличения, микроскопические изменения оценивали методом световой микроскопии при $\times 50$, $\times 100$, $\times 200$, $\times 400$, $\times 630$ -кратном увеличении (микроскоп фирмы Leica DM LB2) с последующей фоторегистацией. **Результаты и обсуждение.** Отличительной особенностью данного метода является способность изолированно выделять любую структуру стекловидного тела и послойно выделять каждый кортикальный слой с возможностью изучения его анатомо-топографических особенностей и взаимоотношений с подлежащими тканями (внутренней пограничной мембраной сетчатки, цилиарным телом, капсулой хрусталика). Методика макромикроскопического исследования «Шаг за шагом» (“Step by step”) выполнена по определенному алгоритму. **Заключение.** Разработанный алгоритм макромикроскопического исследования стекловидного тела позволяет составить индивидуальную карту топографической анатомии стекловидного тела. При наборе достаточного материала и его статистической обработке возможно предоставление карт топографической анатомии стекловидного тела при нормальных, возрастных и патологических состояниях.

Ключевые слова: макромикроскопическое исследование, стекловидное тело, витреоретинальный интерфейс, препарирование глаза, «Витреоконтраст», витреолентикулярный интерфейс

Для цитирования: Кислицына Н.М., Шацких А.В., Дибирова С.М., Султанова Д.М., Веселкова М.П., Новиков С.В. Макромикроскопическое исследование топографической анатомии стекловидного тела. *Офтальмология*. 2022;19(1):123–132. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-1-123-132>

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

Конфликт интересов отсутствует



Macromicroscopic Method for Vitreous Body Anatomy Studying

N.M. Kislitsyna¹, A.V. Shatskikh¹, S.M. Dibirova¹, D.M. Sultanova¹, M.P. Veselkova¹, S.V. Novikov²

¹ S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Beskudnikovskiy blvd, 59a, Moscow, 127486, Russian Federation

² OOO "NEP MG"
Beskudnikovskiy blvd, 59a, Moscow, 127486, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2022;19(1):123–132

Purpose: The vitreous body (CT), due to the complexity of its structure, remains one of the least studied anatomical structures to this day. In the literature there are attempts to describe the anatomy of the vitreous body, since the II century. The most relevant works are the studies of J. Worst et al. in 1973, in which the authors proposed new methods of CT preparation with the introduction of dyes. Despite many years of research on the structure and functions of the vitreous body and the presence of a large number of works, and there are no methods and protocols for macromicroscopic examination of the vitreous body to develop a method and propose a protocol for macromicroscopic examination of the vitreous body (VB), allowing to obtain new data on VB topographic anatomy. **Materials and methods.** The proposed method of macromicroscopic examination was used to study the VB topographic anatomy of 38 cadaver eyeballs. In order to color transparent structures of the vitreous, poorly soluble metallic salts (barium sulfate and copper acetate) were used. Macroscopic examination was performed using a Topcon OMS-800 operating microscope with a magnification of $\times 8$ to $\times 21$, microscopic changes were evaluated by light microscopy at $\times 50$, $\times 100$, $\times 200$, $\times 400$, $\times 630$ multiple magnification with Leica DM LB2 microscope followed by photographic recording. The algorithm for macroscopic examination performing. **Results and discussion** The result of macroscopic preparation was the compilation of individual anatomical and topographic maps of patients. A distinctive feature of the developed method is the ability to dissect any VB structure and to isolate each cortical layer with the possibility of studying its anatomical and topographic features and relationships with underlying tissues (internal limiting membrane, ciliary body, lens capsule). In addition, the method allows to maintain the shape and integrity of the specimens after passing through all stages of histological processing. In order to fixate VB samples, we used a method with fixing VB structures on a special adhesive-metric tablet, and placing them in a biopsy bag placed in a biopsy cassette. After that, filled in formalin, the specimens were delivered to the laboratory, where all the stages of standard processing took place. **Conclusion.** The developed technique of macromicroscopic examination of the vitreous allows to create an individual map of the VB topographic anatomy. After collecting of sufficient material and its statistical processing, it is possible to provide maps of the VB topographic anatomy in normal, age-related and pathological conditions.

Keywords: macromicroscopic examination, vitreous body, vitreoretinal interface, preparation of the eye, "Vitreolcontrast", vitreolenticular interface

For citation: Kislitsyna N.M., Shatskikh A.V., Dibirova S.M., Sultanova D.M., Veselkova M.P., S.V. Novikov. Macromicroscopic Method for Vitreous Body Anatomy Studying. *Ophthalmology in Russia*. 2022; 19(1): 123–132. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-1-123-132>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned
There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

До настоящего времени стекловидное тело является одной из наименее изученных анатомических структур. Попытки изучения анатомии стекловидного тела впервые предпринимались на рубеже II века. Гален описал стекловидное тело, основываясь на работах анатомов Александрии, таких как Руф Эфесский (цит. по [1]). Первые попытки формирования теории строения стекловидного тела и описания его структуры согласно данным S.W. Duke-Elder приходятся на середину XVIII века [2]. Автор предполагал, что СТ представляет собой сплетение волокон [3, 4]. G. Eisner считал, что стекловидное тело состоит из плотно упакованных коллагеновых пластинок, формирующих особые структурные компоненты — тракты, к ним относятся: ретролентальный, передний цилиарный, задний цилиарный и преретинальный [5].

На протяжении XVIII–XIX столетий существовали четыре различные теории строения стекловидного тела: альвеолярная (P. Demours), ламеллярная (J.G. Zinn), радиально-секторальная (A. Hannover), фибриллярная

(W. Bowman). В 1741 г. P. Demours выдвинул альвеолярную теорию строения СТ, утверждая, что между фибриллярными структурами СТ находятся альвеолы, заполненные жидкостью. В 1780 г. J.G. Zinn предположил, что СТ представляет собой сложную упорядоченную структуру, слою которой концентрически уложены и напоминают строение луковичи. Данные, полученные Von Pappenheim и Brucke после препарирования и гистологического исследования СТ, подтверждали ламеллярную теорию строения СТ J.G. Zinn. Третья теория была сформулирована A. Hannover в 1845 г. — теория радиальных секторов (radial sector theory). Изучая срезы СТ в области экватора, он описал множество секторов, радиально ориентированных вокруг центральной зоны, содержащей клокетов канал. Структура СТ напоминала ему «разрезанный апельсин» [6, 7]. В 1848 г. W. Bowman с помощью микроскопии обнаружил фибриллы, имеющие волнообразный ход в центральной части СТ и образующие узлы (точки пересечения нитей, видимые при в микроскопии) и впервые ввел понятие «фибрилярной» теории [8]. Redslöb в 1932 г. использовал щелевую лампу для осмотра стекловидного

Н.М. Кислицына, А.В. Шацких, С.М. Дибирова, Д.М. Султанова, М.П. Веселкова, С.В. Новиков

тела. Применение микроскопии в темном поле дало более полную картину его структуры.

Однако, несмотря на многолетние исследования строения и функций стекловидного тела и наличие большого количества работ, посвященных исследованиям глаза, стекловидное тело ввиду своей сложной микроструктуры все еще остается наименее изученной структурой глазного яблока. Практически новую эру в исследовании стекловидного тела открыли профессор J. Worst и соавт., которые применили введение различных красителей в стекловидное тело для исследования его структуры. Впервые этими авторами были разработаны способы препарирования СТ на изолированных глазах по типу «цветка», «окна» и «гамака». Эти способы заключались в выделении стекловидного тела и последующем контрастировании его структур. Было установлено, что стекловидное тело, несмотря на гелеобразные свойства, сохраняет свою форму и при полном извлечении из глаза. Это дало основание предполагать существование собственной наружной оболочки или уплотненной краевой зоны, авторами также были описаны три ряда цистерн (кольцо экваториальных, ретроцилиарных и петалиформных цистерн); каналы (лентико-макулярный, оптико-цилиарный), премакулярная сумка и другие структурные элементы СТ [9, 10]. Следует отметить, что предложенные авторами способы препарирования СТ обладают рядом недостатков, поскольку подразумевают удаление роговицы, радужной оболочки, хрусталика, что нарушает целостность структур СТ; лепестки склеры, сосудистой и сетчатой оболочки затрудняют визуализацию и оценку анатомо-топографических особенностей строения СТ; при препарировании СТ невозможно изолированно контрастировать, отсепаровать и выделить структуры СТ, так как используемые красители “Magic color” обладают слабо выраженной адгезией к структурным элементам СТ, не удерживаются в полости каналов и цистерн.

До настоящего времени метод контрастирования, окрашивания и заполнения полостей различными красителями является практически единственным, позволяющим не только определять структуры, но и получать картину анатомо-топографических особенностей их расположения.

Однако введение известных красителей (“Magic color”, туши, триамциналон ацетонида или водорастворимых красителей) не приблизило исследователей к практической возможности выполнения анатомических срезов стекловидного тела и приготовления микропрепаратов для выполнения световой микроскопии.

В начале XX века профессором В.П. Воробьевым был предложен оригинальный метод макромикроскопического исследования анатомических объектов. Метод осуществляется с применением оптических приборов с разной индикацией увеличения и включает в себя тонкое препарирование окрашенных объектов (мелких сосудов, нервов) с последующим изучением их под бинокулярной лупой. Этот метод открыл новую пограничную область

исследования анатомических структур, но до настоящего времени эта методика не применялась в офтальмологии, и в частности для изучения стекловидного тела.

В представленных работах, описывающих возможные методы изучения гистологического строения СТ [11], общим является то, что исследование глазного яблока, в том числе стекловидного тела, проводится в целом, без выделения отдельных анатомических структур, то есть не избирательно.

Невозможность послойного выделения и гистологического исследования изолированных структур СТ обусловлена несколькими причинами: отсутствием оптимального красителя, метода, позволяющего выделять структуры СТ; алгоритма и способа препарирования СТ, с помощью которого можно выделить стекловидное тело и его структуры, не нарушив их целостность, провести гистологическую проводку материала таким образом, чтобы сохранить биоптат в исходном положении и выполнить все этапы обработки без повреждения его структуры и формы.

Таким образом, в настоящее время не существует утвержденных протоколов макромикроскопического исследования стекловидного тела, а также методики изучения витреоретинального и витреолентиккулярного интерфейса, а совершенствование способов исследования СТ и поиск новых методов остается актуальным вопросом.

Цель исследования: разработать алгоритм макромикроскопического исследования стекловидного тела, позволяющий оценить топографические анатомические особенности стекловидного тела.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На основе результатов наших предыдущих исследований [12, 13] был разработан оригинальный метод макромикроскопического исследования СТ с применением технологии визуализации методом витреоконтрастостерографии — способом визуализации структур и слоев стекловидного тела, основанным на их предварительном контрастировании. В данной работе в ходе макромикроскопического исследования в качестве контрастирующих агентов были использованы суспензии малорастворимых солей металлов (сульфат бария, ацетат меди), которые отвечают требованию высокой адгезии, что обуславливает отсутствие изменений окраски интравитреальных структур с течением времени; позволяет визуализировать остаточные слои и волокна стекловидного тела на сетчатке и задней капсуле хрусталика с возможностью определения их точной топографии, обеспечивать возможность выполнения манипуляций с тонкими пленчатыми структурами и готовить образцы для гистологического исследования. Отличительной особенностью макромикроскопического исследования с витреоконтрастостерографией является возможность изолированно выделять любую структуру стекловидного тела и послойно — каждый кортикальный слой для изучения анатомо-топографических особенностей

и взаимоотношений с подлежащими тканями (ВПМ сетчатки, цилиарное тело, капсула хрусталика).

С целью последовательной пошаговой оценки возможных вариантов топографической анатомии стекловидного тела был разработан алгоритм выполнения макромикроскопического исследования:

А. Макроскопическое исследование «Шаг за шагом» методом препарирования с применением технологии визуализации с помощью витреоконтрастографии:

- оценка анатомо-топографических изменений витреоретинального интерфейса (методом индукции ЗОСТ);
- оценка топографической анатомии интравитреальных структур (каналов, сумок, цистерн);
- оценка топографической анатомии передних кортикальных слоев и витреолентикулярного интерфейса.

В ходе выполнения макроскопического исследования возможно проведение витреоконтрастометрии с визуализацией границ для точного измерения размеров и топографии контрастированных структур и слоев стекловидного тела.

Б. Микроскопическое исследование выделенных структур и слоев стекловидного тела:

- изолированное препарирование структур и слоев стекловидного тела;
- фиксация оригинальным методом с использованием специальной подложки;
- оценка микроскопических изменений соответствующим методом (световая или электронная микроскопия, иммуногистохимическое исследование).

В. Составление индивидуальной карты макромикроскопической топографической анатомии стекловидного тела.

В данном исследовании оценка микроскопических гистологических изменений была выполнена с помощью метода световой микроскопии.

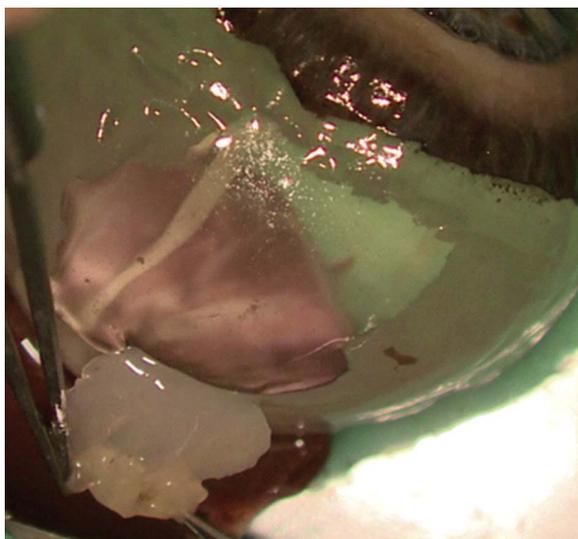


Рис. 1. Отделение сетчатки от стекловидного тела. Формирование индуцированной ЗОСТ

Fig. 1. Separation of the retina from the vitreous body. The formation of induced PVD

Нами было исследовано 38 трупных глазных яблок, возраст доноров составил от 47 до 61 года, 12 — мужских, 26 — женских, причина смерти — острая сердечно-сосудистая недостаточность.

Глазные яблоки прошли качественный контроль для целей трансплантации роговицы в Глазном тканевом банке МНТК «МГ», г. Москва (заведующий Глазным тканевым банком к.м.н. М.Х. Хубецова), согласно разрешению на применение медицинской технологии ФС № 2010/243 от 24 июня 2010 года «Алгоритм заготовки трупных роговиц человека для трансплантации» и лицензии учреждения Федеральной государственной службы по надзору за здравоохранением № 99-01-005317 от 30.04.2008 и № ФС-99-01-008251 от 18.02.2013 на вид медицинской деятельности по забору и заготовке трупных органов и тканей человека для трансплантации.

После удаления роговично-склеральных дисков глазные яблоки передавали в ЦМБП МНТК «МГ» (заведующий ЦМБП МНТК «МГ» профессор С.А. Борзенко)¹. Препарирование глазных яблок осуществлялось в первые 12 часов после их поступления в ЦМБП. С целью минимизации постмортальных изменений глазные яблоки помещали в «Раствор для хранения роговицы» (производство ООО НЭП МГ ТУ № 9398-29039336-2010).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Предварительно была произведена регистрация данных донора с заполнением индивидуальной карты, включающих указание на пол, возраст, профессию, причину смерти, ПЗО, вид ЗОСТ, степень деструкции СТ. Перед удалением роговично-склерального диска была измерена ПЗО глаза, затем, как и в предыдущих исследованиях, формировали лепестки склеры, последовательно отделяли оболочки глаза [12, 13].

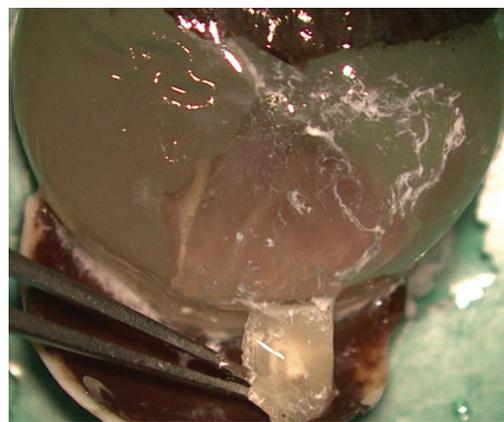
А. Макроскопическое исследование методом препарирования с контрастированием структур

Была проведена оценка топографо-анатомических особенностей витреоретинального интерфейса. Сетчатку отделяли от стекловидного тела, индуцируя таким образом ЗОСТ (рис. 1). Наносили контрастирующий агент на отсепарованный лепесток сетчатки и соответствующий ему участок СТ (рис. 2) при экспозиции 10 секунд. Суспензию смывали с контрастированных поверхностей физиологическим раствором и проводили макроскопическое исследование СТ и его структур под операционным микроскопом Торсон OMS-800 с индикацией увеличения от $\times 8$ до $\times 21$, с фото- и видеорегистрацией. С целью исследования микроскопических изменений витреоретинального интерфейса в ходе индуцированной ЗОСТ с помощью эндовитреального пинцета и ножниц отсекали участок сетчатки, а также соответствующий ее поверхности фрагмент СТ.

¹ Борзенко С.А. Медико-технологические и методологические основы эффективной деятельности глазных тканевых банков России в обеспечении операций по сквозной трансплантации роговицы: дис. ... д-ра мед. наук. М., 2008.



а



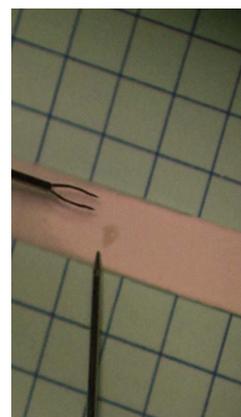
б

Рис. 2 (а, б). Контрастирование поверхности СТ 2 а и соответствующих участков сетчатки 2 б суспензией «Витреоонтраст»

Fig. 2 (a, b). Contrasting the surfact of VB 2 a and the corresponding areas of the retina 2 b with “Vitreococontrast suspension”



а



б

Рис. 3 (а, б). Подготовка и мобилизация контрастированного кортикального слоя СТ на адгезивно-метрический планшет

Fig. 3 (a, b). Preparation and mobilization of the contrasted cortical layer of VB on an adhesive-metric tablet

Биоптаты иммобилизовали на адгезивно-метрическом планшете «Эндокит» и направляли на гистологическое исследование (рис. 3).

В. Контрастирование и оценка топографической анатомии интравитреальных структур

Для контрастирования структур стекловидного тела применяли иглу 30G. Цистерны окрашивали с использованием 0,2 мл контрастирующей суспензии, при антеградном способе окрашивания иглу вводили в 4 мм от лимба, а при ретроградном способе — в заднем полюсе глаза (рис. 4). Оценивали степень сохранности структур, измеряли размеры цистерн, деструкцию стекловидного тела по степени выраженности. Проводили макроскопическое исследование с помощью операционного микроскопа Торсон OMS-800 с различной индикацией увеличения. Для окрашивания цистерн и каналов использовали суспензию сульфата бария и ацетата меди. Далее рассекали кортикальные слои СТ, микрохирургическим пинцетом и ножницами Vannas вырезали окрашенные цистерны, которые в последующем иммобилизовали в биопсийный мешочек и помещали в биопсийную кассету (рис. 5). Каналы и цистерны СТ отправляли для исследования методом световой микроскопии.

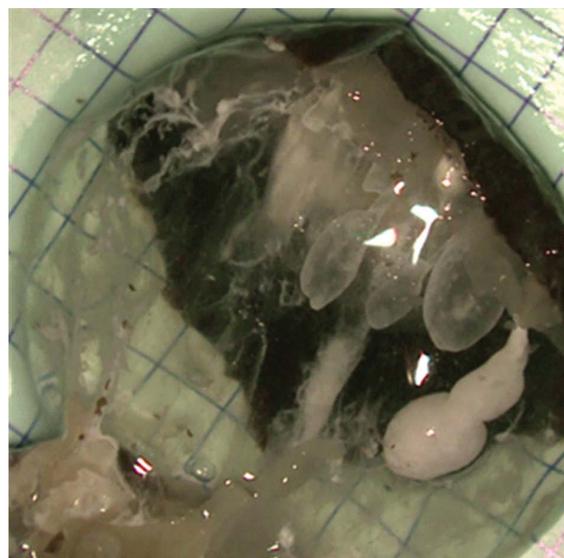


Рис. 4. Контрастированные полости (цистерны) СТ. Подготовка на подложке с координатной сеткой обеспечивает дополнительную возможность измерения структур

Fig. 4. Contrasted cavities (cisterns) of the VB. Preparation on a substrate with a coordinate grid provides an additional opportunity to measure structures

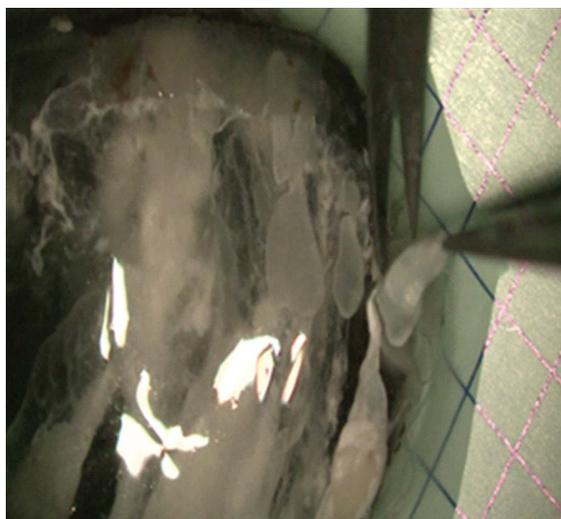


Рис. 5 (а). Препарирование контрастированной цистерны СТ

Fig. 5 (a). Preparation of a contrasted VB cisterns



Рис. 5 (б). Иммобилизация цистерны на адгезивно-метрический планшет «Эндокит». Подложка с координатной сеткой обеспечивает дополнительную возможность измерения размеров цистерны

Fig. 5 (б). Immobilization of the cisterns on the adhesive-metric tablet "Endocet". A substrate with a coordinate grid provides an additional opportunity to measure the size of the cisterns

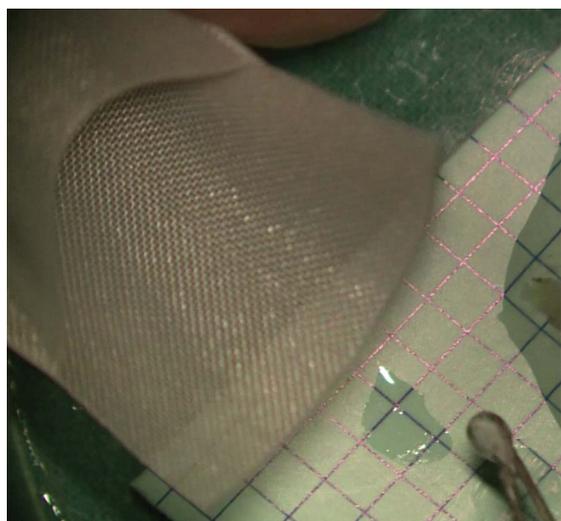


Рис. 5 (в). Помещение цистерны в биопсийный мешочек

Fig. 5 (в). Placing the cisterns in a biopsy bag



Рис. 5 (г). Фиксация мешочка с препарированной цистерной в биопсийную кассету

Fig. 5 (г). Fixing the bag with the prepared cisterns in a biopsy cassette

С. Оценка топографической анатомии передних кортикальных слоев и витреолентикулярного интерфейса

Объектами данного этапа были последовательно окрашенные передние кортикальные слои, при этом была проведена оценка анатомо-топографических особенностей витреоцилиарной и витреолентикулярной зоны (рис. 6). Были исследованы взаимоотношения и сохранность передних кортикальных слоев и особенности витреолентикулярного интерфейса. Препарирование с применением метода витреоконтрастграфии производили от заднего полюса к передней

капсуле хрусталика при ретроградном пути исследования, при классическом — от задней капсулы хрусталика к заднему полюсу. Для изучения витреоцилиарного и витреолентикулярного интерфейса последовательно на поверхность кортикального слоя наносили суспензию «Витреоконтраст» (рис. 6а, б), оценивали топографические особенности визуализированного слоя, затем, используя эндовитреальные ножницы и пинцет, выделяли, отсепаарывали исследуемый слой (рис. 5в) и помещали на адгезивно-метрический планшет «Эндокит» или в биопсийный мешочек, а затем в биопсийную кассету.

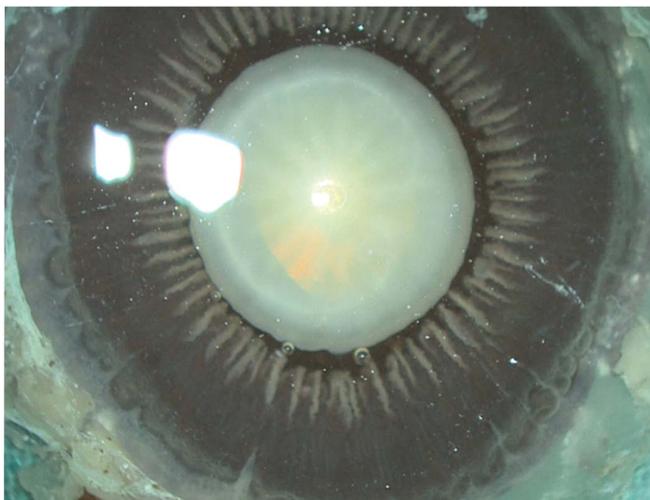


Рис. 6 (а). Вид передних кортикальных слоев, витреолентикулярного и витреоцилиарного интерфейса до витреоконтрастграфии

Fig. 6 (a). View of the anterior cortical layers, vitreolenticular and vitreociliary interface before vitreocontrastography

Далее контрастировали следующий кортикальный слой стекловидного тела, выполняя таким образом послойное препарирование каждого отдельно взятого кортикального слоя стекловидного тела с определением его топографических особенностей (рис. 7а–в).

Д. Исследование взаиморасположения СТ и цинновых связок, их сохранность протяженность, места крепления

МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Для гистологического исследования структуры СТ фиксировали в 10 % растворе нейтрального формалина, промывали проточной водой, обезвоживали в спиртах восходящей концентрации и заливали в парафин, выполняли серии гистологических срезов с применением окраски гематоксилин-эозином. После приготовления стеклопрепаратов проводили микроскопическое исследование под микроскопом фирмы Leica DM LB2 при $\times 50$, $\times 100$, $\times 200$, $\times 400$ -кратном увеличении с последующим фотографированием.

ОБСУЖДЕНИЕ

Метод макромикроскопического исследования, включающий оригинальную технику препарирования «Шаг за шагом» (“Step by step”) и последовательный алгоритм препарирования, позволил последовательно пошагово выделить изолированные структуры СТ, морфологически изучить их, при этом сохранить форму и целостность препаратов после всех этапов гистологической обработки, включая изготовление срезов и окрашивание для световой микроскопии. Особенностью гистологического исследования стекловидного тела является невозможность его фиксации ввиду размеров образцов и количества содержащегося в них материала. Для фиксации образцов СТ нами

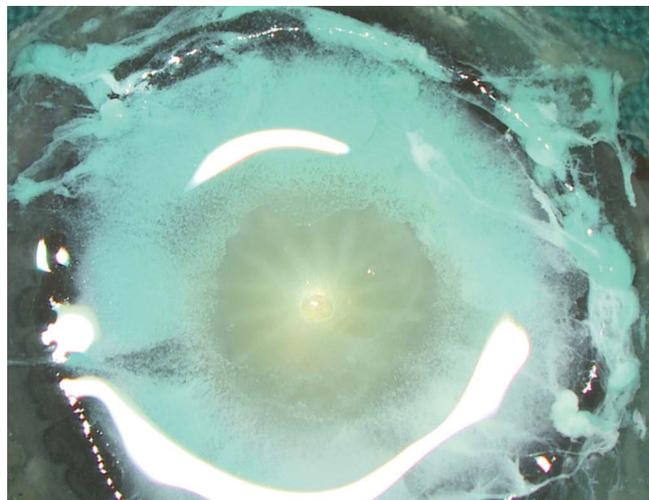


Рис. 6 (б). Контрастирование передних кортикальных слоев суспензиями сульфата бария и ацетата меди

Fig. 6 (б). Contrast of the anterior cortical layers of barium sulfate suspension and copper acetate

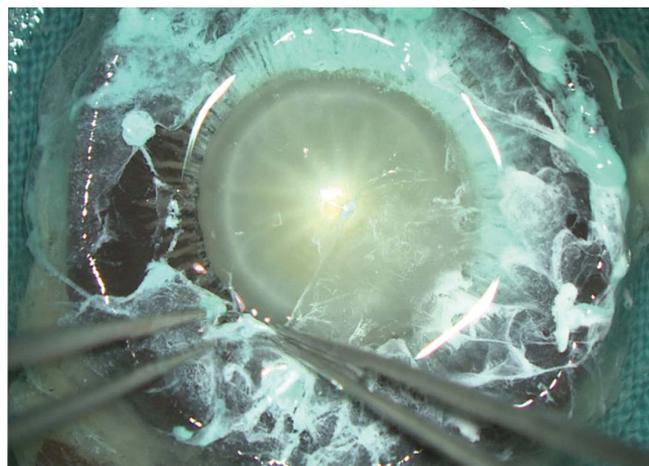


Рис. 6 (в). Препарирование переднего кортикального слоя. Контрастированный слой стекловидного тела

Fig. 6 (в). Preparation of the anterior cortical layer. The contrasting layer of the vitreous body is indicated.

был применен метод с фиксацией отдельных структур СТ на специальном адгезивно-метрическом планшете и помещением в биопсийный мешочек, закладываемый в биопсийную кассету. После этого изолированные препараты структур СТ заливали в формалин и доставляли в лабораторию, где были выполнены все этапы стандартной обработки. Разработанный метод позволяет получать новые данные о пространственной анатомии и гистологии СТ, а также выявлять характер патологических изменений стекловидного тела при различных видах патологии.

Разработанная методика макромикроскопического исследования стекловидного тела дает возможность составлять индивидуальную карту топографической

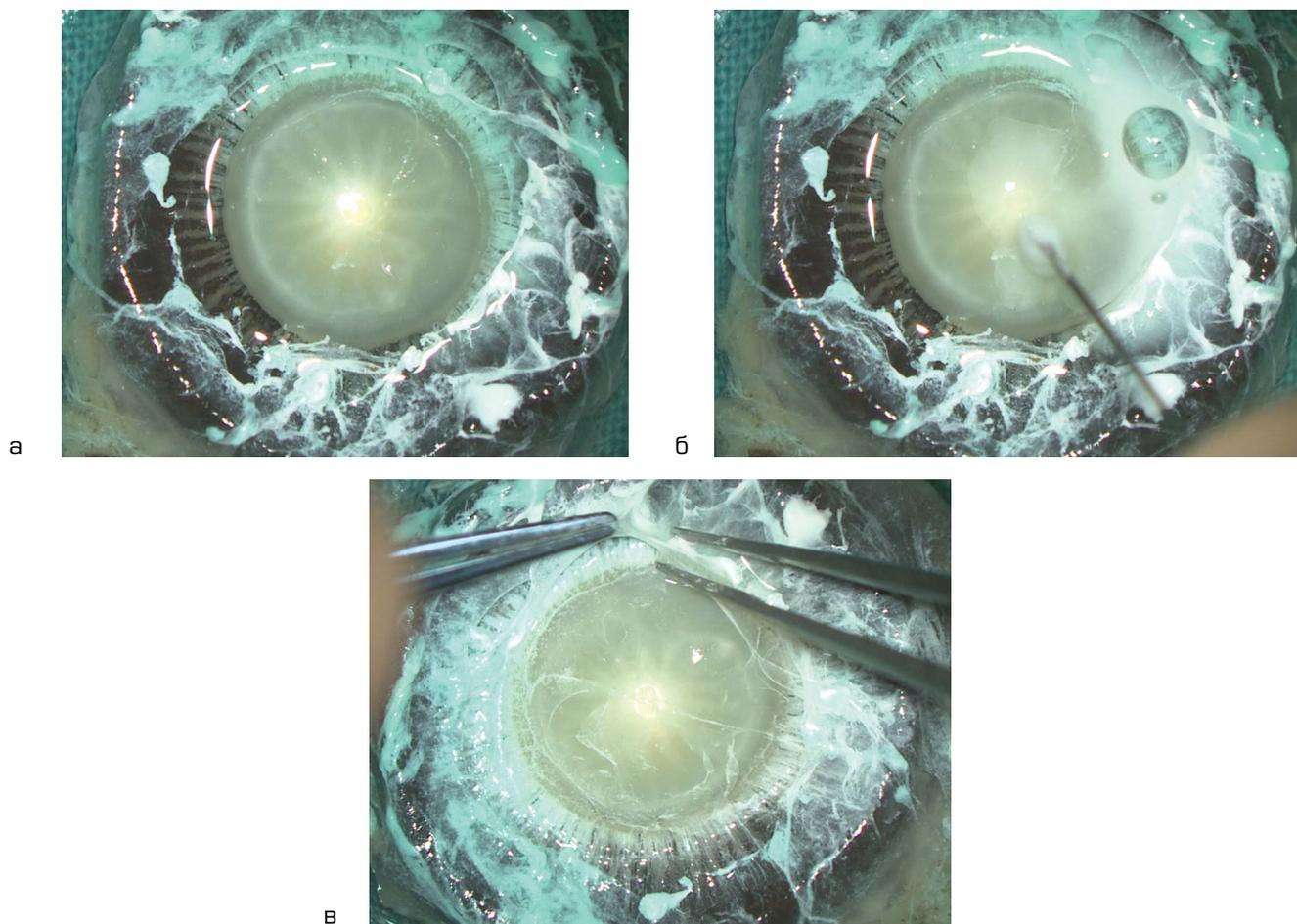


Рис. 7: а — витреолентикулярный интерфейс после удаления кортикального слоя; б — контрастирование передних кортикальных слоев суспензией сульфата бария; в — препарирование следующего контрастированного переднего кортикального слоя

Fig. 7: а — view of the vitreolenticular interface after removing the vitreous layer; б — contrast of the anterior cortical layers with barium sulfate suspension; в — dissection of the next contrasted anterior cortical layer

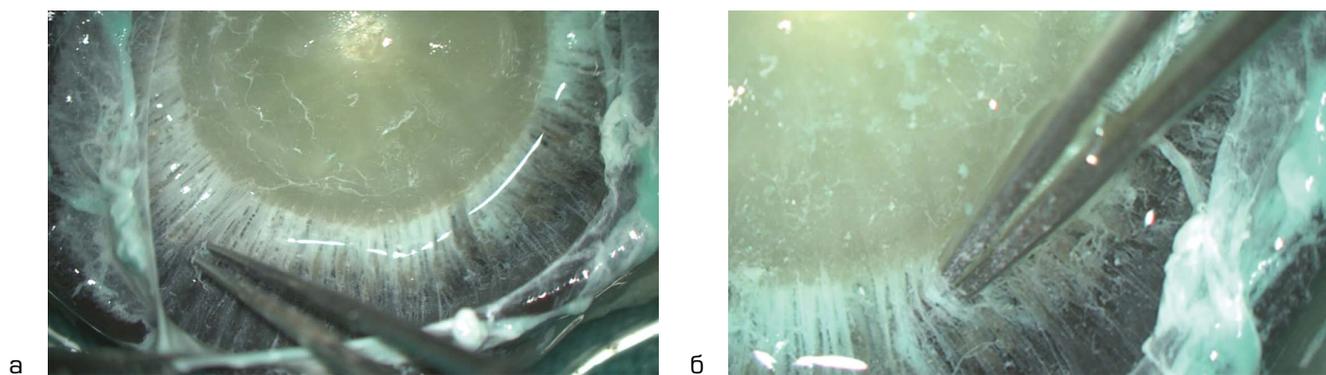


Рис. 8а, б. Исследование топографических особенностей витреолентикулярного и витреоцилиарного интерфейса. Визуализируется слой стекловидного тела на поверхности хрусталика, контрастированные цинновы связи

Fig. 8а, б. The study of topographic anatomy vitreoretinal and vitreociliary interface. Renders a layer of the vitreous body on the lens surface, contrasting of the Zinn ligament

анатомии стекловидного тела и может быть предложена для исследований стекловидного тела.

ВЫВОДЫ

Макромикроскопическое исследование «Шаг за шагом» методом препарирования с применением техноло-

гии визуализации с помощью витреоконтрастогрaфии позволяет полностью оценить пространственную топографо-анатомическую картину структур СТ, витреоретинального и витреолентикулярного интерфейса и выполнить полноценное микроскопическое

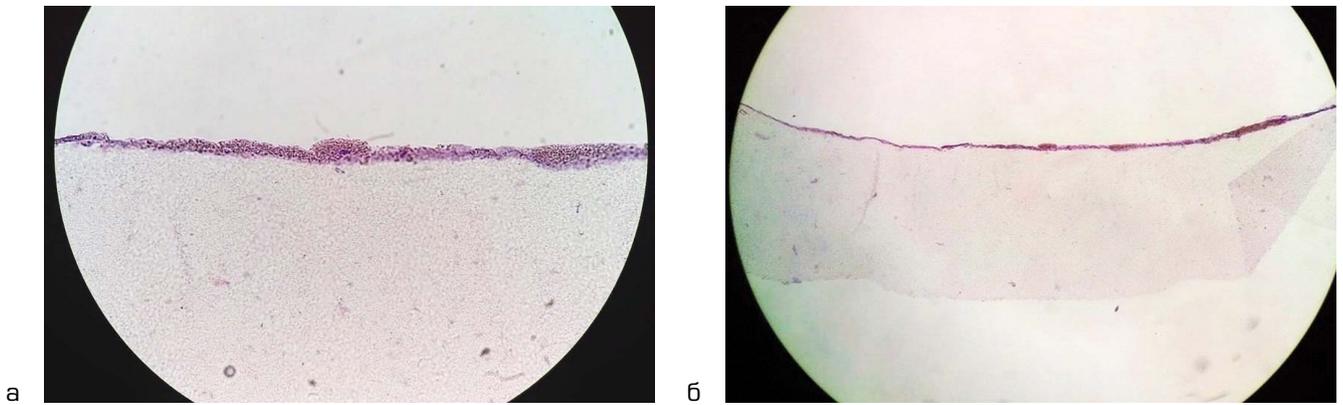


Рис. 9а, б. Гистологический препарат кортикальных слоев стекловидного тела донорского глазного яблока на подложке. Окраска гематоксилин — эозин, а — $\times 630$; б — $\times 200$

Fig. 9a, б. Histological preparation of the cortical layers of the vitreous body of the donor eyeball on a substrate. Color hematoxylin-eosin, UV, а — $\times 630$; б — $\times 200$

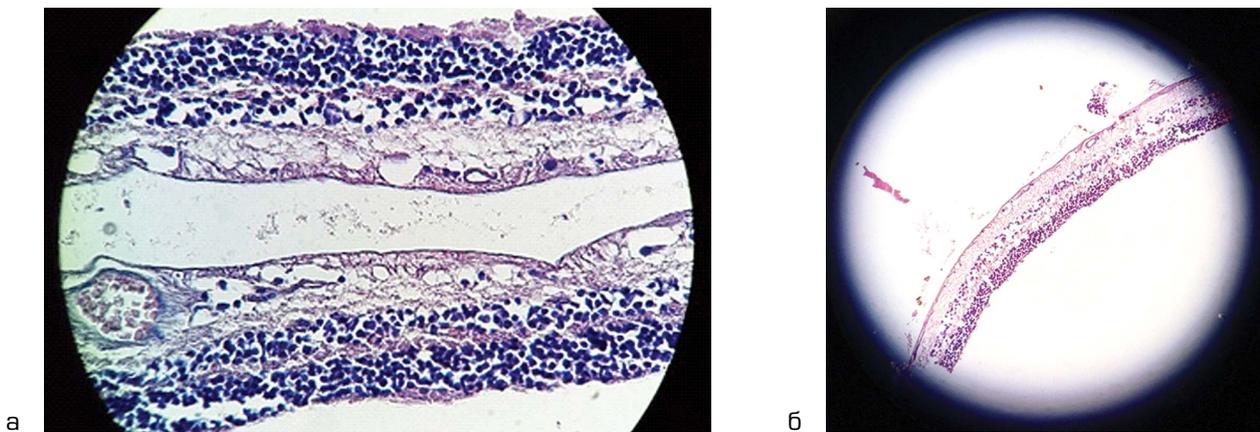


Рис. 10а, б. Гистологические препараты сетчатки донорского глаза без стекловидного тела на внутренней поверхности. Окраска гематоксилин-эозин, а — $\times 400$; б — $\times 630$

Fig. 10a, б. Histological preparations of the retina of the donor eye without a vitreous body on the inner surface. Color hematoxylin-eosin, а — $\times 400$; б — $\times 630$



Рис. 11. Гистологический препарат цистерны стекловидного тела донорского глазного яблока на подложке. Окраска гематоксилин-эозин, $\times 200$

Fig. 11. Histological preparation of the vitreous cisterns of the donor eyeball on a substrate. Color of hematoxylin-eosin, $\times 200$



Рис. 12. Гистологические препараты передних кортикальных слоев стекловидного тела донорского глазного яблока на подложке. Окраска гематоксилин-эозин, $\times 200$

Fig. 12. Histological preparation of the anterior cortical layers of the vitreous body of the donor eyeball on a substrate. Color hematoxylin-eosin, $\times 200$

гистологическое исследование изолированно выделенной структуры или слоя стекловидного тела с возможностью оценки полученных образцов методом световой микроскопии.

Разработанный алгоритм макромикроскопического исследования стекловидного тела позволяет составить индивидуальную карту топографических особенностей стекловидного тела и может быть предложен для исследования стекловидного тела. При наборе достаточного материала и его статистической обработке возможно предоставление карт топографической анатомии

при нормальных, возрастных и патологических состояниях стекловидного тела.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Кислицына Н.М. — разработка концепции и дизайна исследования, анализ полученных данных, научное редактирование статьи;
Шацких А.В. — разработка концепции и дизайна исследования, анализ полученных данных, научное редактирование статьи;
Дибирова С.М. — анализ и сбор литературы, проведение этапов исследования, подготовка текста статьи;
Веселкова М.П. — анализ и сбор литературы, подготовка текста статьи, перевод на английский язык;
Султанова Д.М. — проведение этапов исследования, подготовка текста статьи;
Новиков С.В. — организация проведения исследования, разработка материалов исследования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Yoon S.J., Rhee D.Y., Marx J.L., Blaha G. R., Rogers A. H., Bauml C. R., Reichel E., Duker J.S. Anatomic and visual outcomes of noninfectious endophthalmitis after intravitreal triamcinolone. *Am. J. of Ophthalmol.* 2009;147:1031–1036. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.12.034
2. Duke-Elder W.S. The nature of the vitreous body. *British journal of ophthalmology.* 1930;14:6.
3. Duke-Elder W.S., Davson H. The nature of the vitreous body. *British journal of ophthalmology.* 1949;33:6.
4. Grisanti S., Altvater A., Peters S. Vital Dyes in Vitreoretinal Surgery. *Dev. Ophthalmol.* 2008;42:43–68. DOI: 10.1159/000138924
5. Eisner G. *Biomicroscopy of the peripheral fundus.* 2012. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 1973. 5 p.
6. Kwok A., Lai T., Yew D., Li V. Internal limiting membrane staining with various concentrations of indocyanine green dye under air in macular surgeries. *Am. J. of Ophthalmol.* 2003;136:223–230. DOI: 10.1016/S0002-9394(02)02144-X
7. Sebag J. To See the Invisible: The Quest of Imaging Vitreous. *Dev. Ophthalmol.* 2008;42:5–28. DOI: 10.1159/000138754
8. Bowman W. Observations on the structure of the vitreous humour. *Dublin Quarterly Journal of Medical Science.* 1848;6:102–118. DOI: 10.1007/BF02948993
9. Worst J.G.F. Comparative anatomy of the vitreous body in rhesus monkeys and man. *Doc. Ophthalmol.* 1992;71(1):169–178.
10. Worst. J.G.F. Cisternal anatomy of the fully developed vitreous body in the young adult. *Transactions of the American Ophthalmological Society.* 1977;97:550–554.
11. Рева Г.В., Рева И.В., Ямамото Т. Структура стекловидного тела глаза человека. *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2011;1:65–69. [Reva G.V., Reva I.V., Yamamoto T. The structure of human vitreous humour. *Pacific Medical Journal = Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal.* 2011;1:65–69 (In Russ.).]
12. Кислицына Н.М., Колесник С.В., Новиков С.В., Колесник А.И., Веселкова М.П. Современные возможности контрастирования витреоретинального интерфейса (экспериментальное исследование). *Офтальмология.* 2018;15(2S):231–238. [Kislitsyna N.M., Kolesnik S.V., Novikov S.V., Kolesnik A.I., Veselkova M.P. Modern Possibilities for the Vitreoretinal Interface Contrasting (Experimental Study). *Ophthalmology in Russia = Ophthalmologia.* 2018;15(2S):231–238 (In Russ.).] DOI: 10.18008/1816-5095-2018-2S-231-238
13. Кислицына Н.М., Новиков С.В., Колесник С.В., Веселкова М.П. Анатомо-топографические особенности передних кортикальных слоев стекловидного тела. *Офтальмохирургия.* 2017;1:66–71. [Kislitsyna N.M., Novikov S.V., Kolesnik S.V., Veselkova M.P. Anatomical and topographical features of anterior vitreous cortex. *Ophthalmosurgery = Ophthalmokhirurgiya.* 2017;1:66–71 (In Russ.).] DOI: 10.25276/0235-4160-2017-1-66-71

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Кислицына Наталья Михайловна
кандидат медицинских наук, офтальмохирург отдела витреоретинальной хирургии и диабета глаза
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0001-7360-5770>

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Шацких Анна Викторовна
кандидат медицинских наук, заведующая лабораторией патологической анатомии и гистологии глаза, врач-патологоанатом
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Дибирова Саида Магомедсултановна
клинический ординатор отдела витреоретинальной хирургии и диабета глаза
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Султанова Динара Мирзабековна
клинический ординатор отдела витреоретинальной хирургии и диабета глаза
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Веселкова Мария Павловна
аспирант отдела витреоретинальной хирургии и диабета глаза
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

ООО «Научно-экспериментальное производство «Микрохирургия глаза»»
Новиков Сергей Викторович
заместитель генерального директора по производству
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Kislitsyna Natalia M.
PhD, vitreoretinal surgeon and diabetes of the eye department
Beskudnikovskiy blvd., 59A, Moscow, 127486, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0001-7360-5770>

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Shatskikh Anna V.
PhD, head of the laboratory of pathological anatomy and histology of the eye, pathologist
Beskudnikovskiy blvd., 59A, Moscow, 127486, Russian Federation

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Dibirova Saida M.
resident physician, vitreoretinal surgeon and diabetes of the eye department resident
Beskudnikovskiy blvd, 59A, Moscow, 127486, Russian Federation

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Sultanova Dinara M.
resident physician, vitreoretinal surgeon and diabetes of the eye department resident
Beskudnikovskiy blvd, 59A, Moscow, 127486, Russian Federation

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Veselkova Maria P.
postgraduate, vitreoretinal surgeon and diabetes of the eye department resident
Beskudnikovskiy blvd, 59A, Moscow, 127486, Russian Federation

Scientific-Production Experimental Eye Microsurgery
Novikov Sergey V.
deputy general director
Beskudnikovskiy blvd, 59A, Moscow, 127486, Russian Federation